



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 44 15 885 A 1

21 Aktenzeichen: P 44 15 885.8
22 Anmeldetag: 5. 5. 94
43 Offenlegungstag: 9. 11. 95

51 Int. Cl.⁶:
F 21 S 3/02
F 21 V 23/00
F 21 V 19/00
F 21 V 7/12
F 21 V 7/22
F 21 V 29/00
B 60 Q 3/00
// B29C 39/18, H05K
3/18

DE 44 15 885 A 1

71 Anmelder:
ITT Automotive Europe GmbH, 60488 Frankfurt, DE

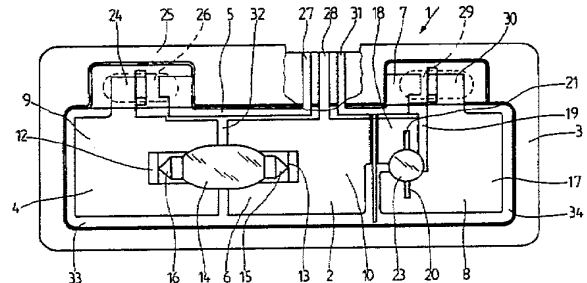
72 Erfinder:
Weber, Adam, 74321 Bietigheim-Bissingen, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE 37 29 622 C1
DE 33 42 382 C2
DE 24 41 330 B2
DE 40 38 902 A1
DE 39 31 356 A1
DE 39 04 987 A1
DE 33 38 279 A1
DE 30 15 693 A1
DE 29 23 712 A1
DE 25 40 002 A1
DE-GM 74 42 109
EP 05 50 708 A1
WO 89 11 740

54 Leuchte mit einem räumlichen spritzgegossenen Schaltungsträger, insbesondere Kfz-Innenleuchte

57 Die Erfindung betrifft eine Kfz-Leuchte. Derartige Leuchten setzen sich aus vielen Teilen zusammen, deren Montage aufwendig ist. Aufgabe der Erfindung ist es, die einzelnen zu der Leuchte gehörenden Teile miteinander zu integrieren. Die Erfindung wird durch den Einsatz sogen. Leiterformkörper gelöst, mit denen im Gehäuse räumlich verlaufende Leiterbahnen dargestellt werden können. Weiterhin ermöglicht die Erfindung die Integration von Lampenanschlüssen, Schaltern und Lampenbefestigung sowie Reflektoren und Kühlflächen unmittelbar im Gehäuse und getrennt eingelegte oder eingespritzte Bleche für Kontaktbahnen.



DE 44 15 885 A 1

Die Erfindung betrifft eine Leuchte mit einem räumlichen (3 D) spritzgegossenen Schaltungsträger.

Die bisherigen Leuchten, insbesondere Innenleuchten für Kraftfahrzeuge, weisen eine große Anzahl von Einzelteilen auf. Dazu gehören Grundplatte, Leiterplatte, Kontaktstecker, Kontaktbuchse, Gehäuseabdeckungen, Reflektor und Schalter, die nur wenig ineinander integriert sind. Die Leuchten müssen somit aus einer größeren Anzahl von Einzelteilen aufwendig montiert werden.

Die Forschungsvereinigung für räumliche elektronische Baugruppen 3-D MID e.V. in Erlangen hat andererseits einen Umdruck herausgegeben, in dem vorgeschlagen wird, räumliche Gebilde, wie beispielsweise Kunststoffgehäuse, gleichzeitig zur direkten Aufnahme und Befestigung von Leiterbahnen und elektronischen Bauteilen zu verwenden. Dabei ist insbesondere ein Verfahren bekannt geworden, spritzgegossene Leiterformkörper in das Gehäuse einzugießen. Diese Leiterformkörper, die in einer "two-shot"-Spritzgußtechnologie mit dem Kunststoffgehäuse vergossen werden, haben die Eigenschaft, daß ihre Oberfläche (in einem mit der Herstellung gedruckter Leiterplatten vergleichbaren Verfahren) mit Leiterbahnen auf ihrer Oberfläche versehen werden kann. Von der Kunststoffindustrie werden hierzu metallisierbare Kunststoffe genannt, die beispielsweise mit einem leicht fließenden weiteren Kunststoff derart umgossen werden können, daß von dem metallisierbaren Leiterformkörper Flächen an der Oberfläche des gesamten Gußteils stehenbleiben, die später metallisiert werden können und als Leiterbahnen oder Kontaktflächen dienen können.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Leuchte anzugeben, bei der die erläuterte Technik einsetzbar ist und die durch die Integration der eingangs genannten Bauelemente bei großen Stückzahlen preiswert herzustellen und einfach zu montieren ist.

Die Erfindung geht daher aus von einer Leuchte, der sich aus dem Oberbegriff des Anspruchs 1 ergebenden Gattung und löst die Aufgabe durch die sich aus dem kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 ergebende Merkmalskombination.

Die Erfindung besteht im Prinzip also darin, in das Gehäuse einer Leuchte einen geeignet geformten Leiterformkörper einzugießen, bei dem die zur Halterung der Glühlampe benötigten fehlenden Laschen an den Gehäusekörper angegossen sind. Da die Laschen durch den Leiterformkörper gebildet werden, der eine metallisierbare Oberfläche besitzt, kann die Glühlampe mit Strom versorgt werden, obwohl zu dieser keine zusätzlichen metallischen Leiter hinführen, sondern nur eine auf den Leiterformkörper aufgebrachte Leiterbahn (ähnlich gedruckte Leiterplatten).

Eine gleichwertige zweite Lösung der gestellten Aufgabe besteht in dem Einsatz, der sich aus Anspruch 2 ergebenden Merkmalskombination auf die gattungsgemäße Leuchte. Das erfinderische Prinzip besteht in diesem Falle darin, die Metallisierbarkeit der Kunststoffoberfläche gleichzeitig als Reflektor für die Glühlampe auszunutzen. Es wird damit zumindest ein Teil des Leiterformkörpers als Reflektor geformt und wird mit dem Leuchtgehäuse als eine Einheit vergossen. Danach wird der Reflektorabschnitt mit einem Metall metallisiert, welches zur Reflexion von Lichtstrahlen geeignet ist. Hierbei kann man beispielsweise Chrom, Silber oder Aluminium verwenden. Aber auch andere Stoffe sind

geeignet, soweit sie nur hinreichend reflektieren. Die genannte Lösung liegt auch schon dann im Rahmen der Erfindung, wenn der Leiterformkörper aus einem Kunststoff gebildet ist, welcher einer helle, zur Reflexion geeignete Farbe besitzt, wie beispielsweise weiß.

Die genannte Merkmalskombination nach Anspruch 2 ist besonders zweckmäßig, wenn die metallisierten Abschnitte gleichzeitig mehrere Aufgaben erfüllen. So können beispielsweise die metallisierten Abschnitte gleichzeitig als Leiterbahn zur Führung des Stroms zu der Glühlampe und als Reflektor dienen. Eine zusätzliche und ergänzende Möglichkeit besteht darin, die große Metallfläche gleichzeitig zu Kühlzwecken auszunutzen.

Bei einer in Anspruch 3 angegebenen Merkmalskombination, bei der die Abschnitte gleichzeitig als Leiterbahnen dienen, empfiehlt sich in Weiterbildung der Erfindung die Merkmalskombination nach Anspruch 4, bei der den beiden Kontaktenden einer vorzugsweise längsgestreckten Glühlampe jeweils ein metallisierter Abschnitt zugeordnet wird, über den sich der benötigte Strom zu den zugehörigen Kontakten führen läßt. Entsprechendes gilt auch, wenn, gemäß der Merkmalskombination nach Anspruch 1, die Abschnitte zur Zufuhr von Strom zu den beiden an den Lampenkontakten anliegenden Laschen dienen.

In Fortbildung der Erfindung läßt sich weiterhin die Verwendung der als Reflektoren eingesetzten Abschnitte mit dem Merkmal der die Glühlampe durch Klemmverbindung haltenden Laschen kombinieren. Danach sind die Laschen aus den Reflektorabschnitten herausgeformt, so daß Lampengehäuse, Reflektor, Leiterbahnen und die klemmenden Laschen eine integrierte Einheit bilden.

Eine weitere Lösung für die eingangs gestellte Aufgabe ergibt sich durch die im kennzeichnenden Teil von Anspruch 6 aufgeführte Merkmalskombination. Danach kann in das Gehäuse der Leuchte wahlweise oder aber auch zusätzlich zu den weiter oben beschriebenen Baugruppen noch ein Kontakt bzw. mehrere Kontakte eines Schalters integriert sein, wobei der bewegliche Kontakt durch eine entsprechende Ausgestaltung im Gehäuse selbst geführt wird. Es ist aber zusätzlich auch möglich, den beweglichen Kontakt direkt als federnden Vorsprung oder Kontaktarm in einem Gehäuse an zu formen, so daß nur ein Betätiger bewegt werden muß, der durch seine Bewegung den federnd aufgehängten beweglichen Kontakt in Verbindung mit dem ortsfesten Kontakt bringt. Auf diese Weise ist es möglich, zusätzlich zu den o.g. Elementen einen Schalter in das Gehäuse zu integrieren, wobei gleichzeitig auch noch ein Ansatz an dem Kontaktarm als manuell betätigbares Betätigungsglied aus der Kontur der Innenleuchte hervorragen kann.

Eine weitere Merkmalskombination, die vorteilhaft mit den vorangegangenen Merkmalen kombinierbar ist, ergibt sich aus Anspruch 7. Danach lassen sich mit Hilfe des bzw. der Leiterformkörper (S) auch die Steckerabgänge an der erfindungsgemäßen Leuchte integrieren, indem an das Gehäuse mittels der Leiterformkörper metallisierbare (messerartige) Vorsprünge oder auch metallisierbare Öffnungen ausgeformt werden, die sich als Kontaktmesser oder Kontaktbuchsen einsetzen lassen.

Schließlich können die genannten in das Gehäuse der Leuchte eingeformten Bauelemente mittels der Leiterformkörper noch über Leiterbahnen gemäß Anspruch 9 verbunden werden, die als metallisierbare Verbindungs-

flächen zwischen den Elementen ausgestaltet sind.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnung erläutert. Darin zeigt

Fig. 1 in skizzierter Form die Draufsicht auf eine Innenleuchte bei abgenommenen Abdeckungen,

Fig. 2 einen Schnitt durch die Leuchte nach Fig. 1 entlang der Linie A-A,

Fig. 3 einen Schnitt durch die Leuchte nach Fig. 1 entlang der Linie B-D-E-F-G-H und

Fig. 4 einen Schnitt durch die Leuchte nach Fig. 1 entlang der Linie C-C.

Fig. 1 zeigt das Gehäuse 1, bei dem ein spritzgegossener Leiterformkörper in einer Two-shot-Technologie zum Teil durch gut fließfähiges Kunststoffmaterial umhüllt ist. Es wird somit als erstes der Leiterformkörper gegossen, dessen Oberfläche metallisierbar ist. Nachfolgend wird in einem zweiten Spritzguß-Vorgang der Leiterformkörper an all jenen Stellen mit fließfähigem Kunststoff abgedeckt, die nicht metallisiert werden sollen. Die nicht durch den fließfähigen Kunststoff abgedeckten Flächen bilden somit die künftigen stromleitenden Flächen, wobei durchaus einzelne Bereiche voneinander elektrisch isoliert sein können, so daß mehrere voneinander elektrisch getrennte Leiterbahnen entstehen. Dabei ist die Kontur der Leiterbahnen durch die Kontur der metallisierbaren Bereiche des Leiterformkörpers vorgegeben. Da während des Galvanisierungsprozesses sich bei geeignetem Aufbau des Galvanisierungsbad die abgeschiedenen Metallteile gleichmäßig auf den metallisierbaren Flächen verteilen, können auf diese Weise hochkomplizierte räumliche Leiterbahnstrukturen erreicht werden. Dabei bleibt es dem Anwender freigestellt, entweder einen einzigen Leiterformkörper während des zweiten Spritzvorganges durch entsprechende Stege in geeignete Leiterbezirke zu unterteilen oder aber auch mehrere Leiterformkörper im zweiten Spritzgang miteinander zu verbinden. Fig. 1 zeigt das Gehäuse 1, bei dem ein spritzgegossener Leiterformkörper 2 durch einen Hüllkörper 3 teilweise umschlossen wird. Der Hüllkörper 3 ist in einem zweiten Spritzgang um den Leiterformkörper 2 so weit herumgespritzt, als dieser an seiner Oberfläche nicht metallisiert werden soll. Der Hüllkörper 3 deckt also insoweit den Leiterformkörper ab, die dieser frei von Metallabscheidungen gehalten werden soll.

Nach einem späteren galvanischen Prozeß besitzt das Gehäuse fünf elektrisch leitende Bereiche, die in dem Schalter unterschiedliche Aufgaben wahrnehmen. So bilden beispielsweise die Bereiche 4 und 6 hauptsächlich zwei Abschnitte 9 und 10 eines im wesentlichen wannenförmigen Reflektors 11. Die beiden Abschnitte 9 und 10 sind dabei mit einem geeigneten Metall, wie Silber oder Chrom beschichtet, welches elektrisch leitet und gut reflektiert.

An die Abschnitte 9 und 10 sind, wie Fig. 1 und Fig. 2 zeigen, jeweils Klemmlaschen 12, 13 angeformt, die von der Wanne 11 vorstehen und gegenüber dieser federnd ausgelenkt werden können. Die Laschen sind ebenso, wie die Fläche der Wanne, an ihrer Oberfläche mit einem leitenden Metall beschichtet, wobei es sich bei Wanne und Lasche vorzugsweise um das gleiche Metall handelt. Zwischen die Laschen 12 und 13 ist mit ihren Kontaktenden 15, 16 eine Glühlampe 14 eingeklemmt und damit elektrisch angeschlossen.

Eine zweite Wanne 17 übernimmt die gleiche Aufgabe wie die erste Wanne 11, wobei die dem Betrachter zugewandte Fläche der Wanne 11, 7 sich aus einem leitenden Teilabschnitt 18 des leitenden Abschnitts 10

und dem leitenden Bereich 8 zusammensetzt. Der Teilabschnitt 18 und der leitende Bereich 8 sind durch einen gewinkelten Steg 19 des Hüllkörpers 3 elektrisch voneinander getrennt, auf dem sich kein leitendes Metall während des Galvanikprozesses niederschlagen kann. Der Teilabschnitt 18 ist somit elektrisch als Teil des leitenden Bereiches 6 von dem leitenden Bereich 8 getrennt. Die Leiterenden 20, 21 einer Glühlampe 23 sind elektrisch leitend mit dem Teilabschnitt 18 und dem leitenden Bereich 8 verbunden. Liegt an dem Bereich 8 gegenüber dem Teilabschnitt 18 eine Spannung an, so wird die Lampe 23 leuchten.

Der leitende Bereich 4 besitzt einen Teilabschnitt 24, der als ebenes Teil ausgestaltet ist. Entsprechendes gilt für den leitenden Bereich 5. Der Teilabschnitt 24 sowie ein Teil des Bereiches 5 sind von einer senkrecht zu dieser stehenden Schalterwand 25 umgeben, wobei der leitende Bereich 5 und der leitende Bereich 4 über die Schalterwand 25 geführt sein können, was durch eine entsprechende Ausgestaltung des Hüllkörpers 3 geschieht.

Die Schalterwand 25 kann, wie in Fig. 3 angedeutet, gleichzeitig zur Lagerung eines beweglichen Schaltstücks 26 (Kontaktbrücke) dienen, das je nach der eingenommenen Stellung den Teilabschnitt 24 mit dem leitenden Bereich 5 elektrisch über eine Kontaktbrücke verbindet oder nicht. Der leitende Bereich 5 und der leitende Bereich 6 geht in Steckerkontakte 27, 28 über. Legt man an die Steckerkontakte 27, 28 somit eine Spannung, so wird die Glühlampe 14 aufleuchten, soweit das bewegliche Schaltstück als Schalter den Teilabschnitt 24 mit dem Bereich 5 elektrisch leitend verbindet. Man erhält somit in integrierter Form eine Innenleuchte, bei der die Glühlampe 14 über Steckerkontakte 27, 28 und einen Schalter sowie die Laschen 12 und 13 an Strom angeschlossen werden kann, wobei die stromführenden Bereiche 4 und 6 zum Teil auch noch als Reflektor für die Glühlampe dienen.

Entsprechendes ergibt sich hinsichtlich des Teilabschnitts 18 und des leitenden Bereiches 8. Auch hier kann ein gestrichelt angedeutetes Schaltstück 26 vorgesehen sein, welches einen Teilabschnitt 30 des Bereiches 8 mit dem leitenden Bereich 7 verbindet, dem wiederum ein Steckerkontakt 31 zugeordnet ist.

Der gerade Steg 32 des Hüllkörpers 3 erfüllt die gleiche elektrisch trennende Funktion wie der gewinkelte Steg 19.

Um Hinterschnidungen zu vermeiden, ist der Gehäuseboden des Gehäuses 1 in Höhe der ersten Wanne 11 und der zweiten Wanne 17 offen, so daß die nichtreflektierenden Rückseiten der beiden Wannen von der den Lampen 14, 23 abgewandten Seite des Gehäuses 1 frei zugänglich sind.

Das Gehäuse 1 besitzt eine elektrisch nichtleitende erste umlaufende Wand 33 und zweite umlaufende Wand 34, in welche Abdeckungen 35, 36 einrastbar sind. Von der Oberkante der umlaufenden Wände 33, 34 geht noch eine umlaufende Blende 37 ab, die in Fig. 1 aufgeschnitten ist, um die Messerkontakte 27, 28 und 31 sichtbar zu machen.

Der Erfindung liegt das Prinzip zugrunde, bei einer Leuchte die Leiterbahnen auf die Oberfläche des Leuchtegehäuses zu verlegen und in Weiterbildungen die an der Oberfläche befindlichen Leiterbahnen gleichzeitig als Reflektoren, als Kühlfläche oder Steckerkontakte auszunutzen. Für derartige Leiterbahnen auf der räumlichen Oberfläche des Lampengehäuses wurde weiter oben die Verwendung von Leiterformkörpern beschrie-

ben, die in das Leuchtengehäuse eingegossen werden. Für das Prinzip der Erfindung ist aber die Verwendung von Leiterformkörpern nicht zwingend. Vielmehr läßt sich die gewünschte und für die Erfindung notwendige Metallisierung der räumlichen Oberfläche des Leuchtengehäuses auch durch ein an sich bekanntes Semiadditiv-Verfahren erreichen, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen. Bei einem derartigen Semiadditiv-Verfahren finden folgende Schritte statt: Die Oberfläche des Gehäuses wird aktiviert und die in Frage kommenden Leiterbereiche werden elektrolytisch Kupfer belegt. Anschließend wird ein Fotoresist aufgebracht, welches mit einer räumlichen Maske (3 D-Maske) belichtet wird. Anschließend wird der belichtete Bereich mit dem Fotoresist entwickelt. Nachträglich wird in an sich bekannter Weise elektrolytisch Kupfer aufgebracht, unter Verwendung einer Ätzmaske verzinnt und anschließend das Fotoresist entfernt und das nicht benötigte Kupfer weggeätzt.

Die nach diesem bekannten Verfahren gewonnenen Leiterbahnen erfüllen im Ergebnis die gleiche Funktion wie die mit Hilfe der Leiterformkörper erhaltenen Leiterbahnen. Die Leiterformkörper sind insbesondere dann zu bevorzugen, wenn sie aus einem Material gebildet sind, welches noch zusätzliche Aufgaben zu erfüllen vermag. Dies kann beispielsweise die Lichtleitung im Inneren des Gehäuses der Leuchte oder eines anderen Bauelementes sein oder eine abweichende Farbgebung gegenüber den umgebenden Gehäuseabschnitten oder aber auch eine größere Transparenz als das umgebende Gehäuse. Die Verwendung des Semiadditiv-Verfahrens dürfte sich insbesondere bei einer komplexen Gestaltung der Leiterbahnen empfehlen.

Patentansprüche

1. Mit einer Lampenhalterung, einem Reflektor und Verbindungsleitungen versehene Leuchte, insbesondere Kfz-Innenleuchte, **dadurch gekennzeichnet**, daß in das Leuchtengehäuse (1) mindestens ein spritzgegossener Leiterformkörper (2) eingegossen ist, und daß von dem bzw. den Leiterformkörper (n) mindestens ein Paar einander gegenüberstehender federnder metallisierter, elektrisch nicht miteinander verbundener Laschen (12, 13) abstehen, zwischen welchen eine Glühlampe (14) mit ihren Kontakten (15, 16) einklemmbar ist.

2. Mit einer Lampenhalterung, einem Reflektor und Verbindungsleitungen versehene Leuchte, insbesondere Kfz-Innenleuchte, dadurch gekennzeichnet, daß in das Leuchtengehäuse (1) mindestens ein spritzgegossener Leiterformkörper (2) eingegossen ist, daß der bzw. die Leiterformkörper mit mindestens einem zum Boden des Gehäuses (1) hin konvex gebogenen breitflächigem Abschnitt (9, 10) versehen ist (sind), welcher auf seiner dem Gehäuseboden abgewandten Fläche metallisiert ist und daß zumindest ein Teil der Lampe (14) der metallisierten Seite des Abschnitts gegenüberliegend angeordnet ist.

3. Leuchte nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der metallisierte Abschnitt (9, 10) sowohl als Leiterbahn als auch als Reflektor und/oder Kühlfläche dient.

4. Leuchte nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß zwei im wesentlichen symmetrisch zueinander angeordnete Abschnitte (9, 10) vorgesehen sind, die voneinander elektrisch isolier-

te metallisierte Flächen tragen, welche den beiden Lampenkontakten (15, 16) zugeordnet sind.

5. Leuchte nach Anspruch 1 und 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Laschen (12, 13) an die Abschnitte (9, 10) angeformt sind.

6. Mit einer Lampenhalterung, einem Reflektor und Verbindungsleitungen versehene Leuchte, insbesondere Kfz-Innenleuchte, dadurch gekennzeichnet, daß mit dem Lampengehäuse mindestens ein Leiterformkörper vergossen ist, wobei wenigstens zwei ebene Teile des Leiterformkörpers vom Innenraum des Gehäuses her frei zugänglich und metallisiert sind, daß die ebenen Teile geometrisch zueinander benachbart, aber elektrisch voneinander isoliert sind und daß ein im Gehäuse (1) beweglich gelagertes Schaltstück (26) die beiden ebenen Teile (24, 5) in Abhängigkeit von seiner Stellung miteinander verbindet.

7. Leuchte nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die metallisierten Teile, Abschnitte oder Laschen zu an den bzw. die Leiterformkörper angefügten Steckeransätze (27, 28, 31) geführt sind, die den Stecker für die Leuchte bilden.

8. Leuchte nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Glühlampe (23) mit ihren beiden Anschlußleitern (20, 21) an zwei benachbarte, metallisierte Bezirke (18, 8) des Leiterformkörpers (2) elektrisch sicher verbunden sind.

9. Leuchte nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in das Leuchtengehäuse (1) und/oder den Leiterformkörper (2) metallische elektrische Leiter eingegossen sind, deren aus dem Gehäuse ragende Enden mit der metallisierten Schicht oder einem Verbraucher oder einem Schalter verbunden sind.

10. Mit einer Lampenhalterung, einem Reflektor und Verbindungsleitungen versehene Leuchte, insbesondere Kfz-Innenleuchte, dadurch gekennzeichnet, daß von dem Leuchtengehäuse mindestens ein Paar einander gegenüberstehende federnder metallisierter, elektrisch nicht miteinander verbundener Laschen (12, 13) abstehen, zwischen welcher eine Glühlampe (14) mit ihren Kontakten (15, 16) einklemmbar ist und daß die Metallisierung des Leuchtengehäuses und/oder der Laschen mit Hilfe eines an sich bekannten Semiadditiv-Verfahrens bewirkt ist.

11. Leuchte nach Anspruch 10 und einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Leiterbahnen auf der Oberfläche des Lampengehäuses anstatt durch Eingießen eines Leiterformkörpers durch ein an sich bekanntes Semiadditiv-Verfahren auf die räumliche Oberfläche des Leuchtengehäuses aufgebracht sind.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

4x

Fig.1

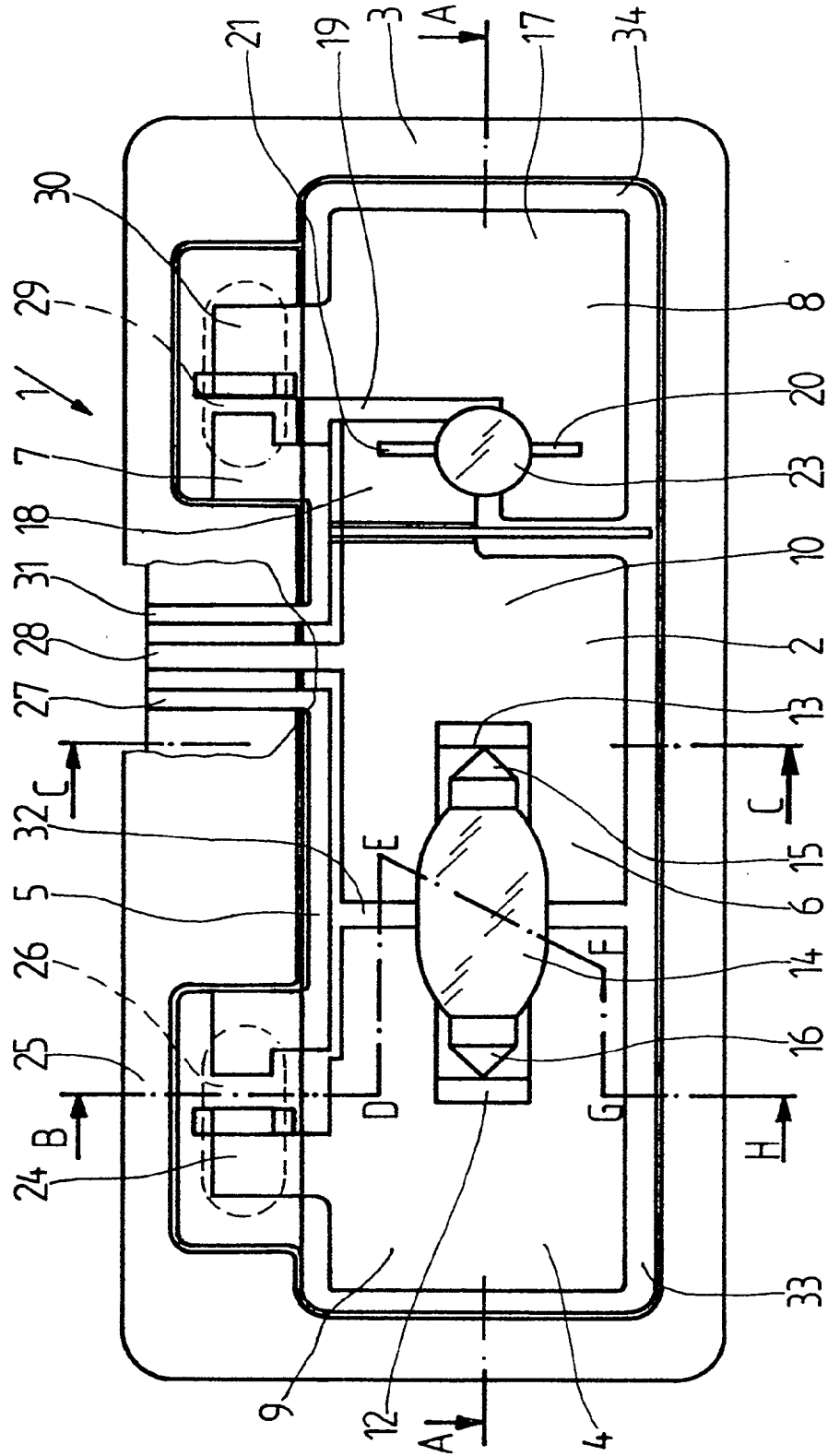
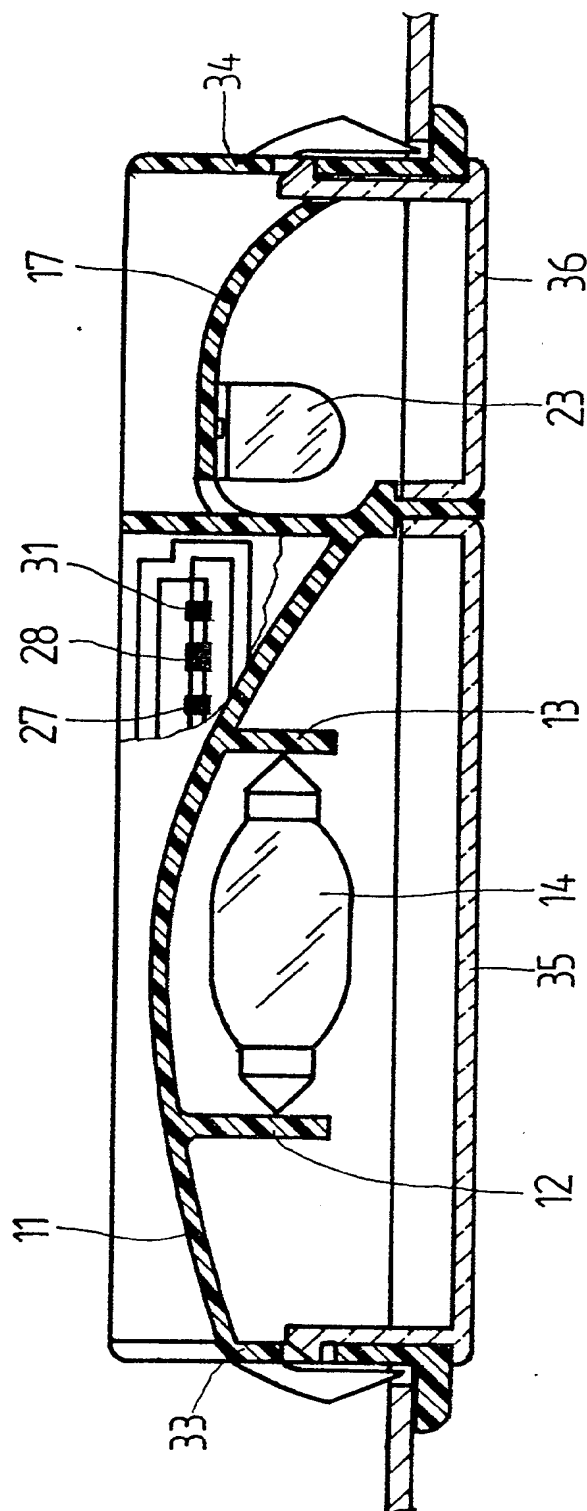


Fig. 2



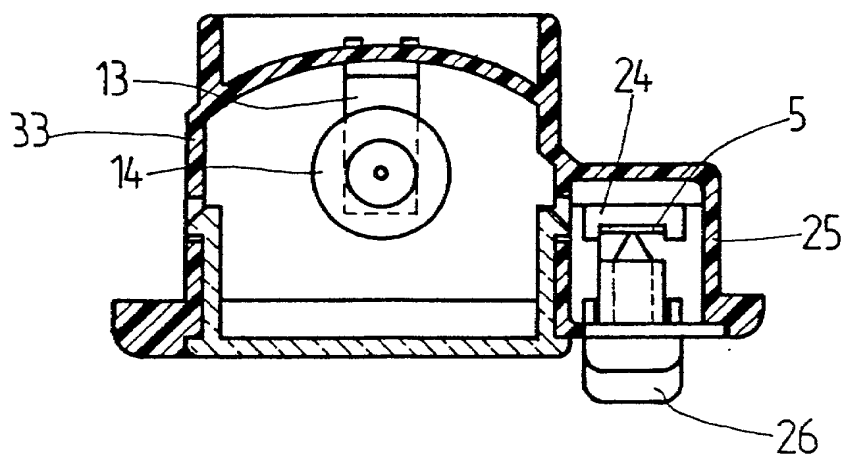


Fig. 3

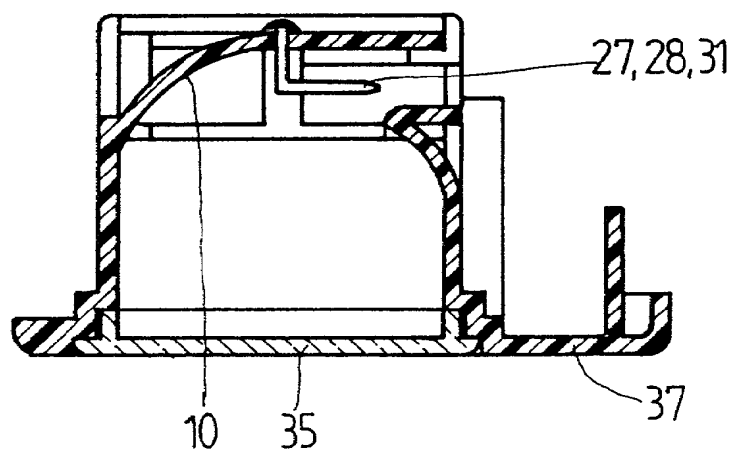


Fig. 4